

일부 초등학교 바닥 먼지내 포함하고 있는 유해물질 성분에 대한 현장 평가

김기연¹ · 김현태² · 이권섭^{*}

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, ¹부산가톨릭대학교 산업보건학과,
²경상대학교 생물산업기계공학과(농업생명과학연구원)

On-site Investigation of Hazardous Substances in Floor Dust of Several Primary Schools

Ki Youn Kim¹ · Hyeon Tae Kim² · Kwon Seob Lee^{*}

Occupational Safety & Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency

¹Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Pusan, Rep. of Korea

²Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Gyeongsang National University
(Institute of Agriculture & Life Science)

ABSTRACT

Objectives: The main objective of this study is to assess the levels of hazardous substances in floor dust in primary schools located in the city of Busan in Korea.

Materials and Methods: An on-site investigation of three primary schools was performed between April and May 2013. The hazardous substances measured in this study were 14 heavy metals (Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn, Cr, Cd, As, Al, Sn, Co, Mo and Si) and the biological agents were bacteria, fungi and endotoxin.

Results: Among the heavy metals, Cd, Co, Pb and Cr were not detected in the floor dust from the three primary schools. The mean levels of other heavy metals were as follows: 20 (± 10) ng/cm² for As, 30 (± 20) ng/cm² for Al, 5 (± 4) ng/cm² for Sn, 20 (± 20) ng/cm² for Mo, 1,340 (± 620) ng/cm² for Si, 110 (± 100) ng/cm² for Cu, 240 (± 50) ng/cm² for Fe, 30 (± 30) ng/cm² for Mn, 10 (± 10) ng/cm² for Ni, and 50 (± 30) ng/cm² for Zn. It was found that mean concentrations of bacteria, fungi and endotoxin in the floor dust of primary schools were 4.7×10^7 ($\pm 2.2 \times 10^7$) cfu/cm², 6.3×10^6 ($\pm 6.4 \times 10^6$) cfu/cm², and 8,140 ($\pm 5,801$) EU/cm², respectively. The predominant species identified in the floor dust of the primary schools were *Pseudomonas spp.* for bacteria and *Penicillium spp.*, *Cladosporidium spp.*, and *Aspergillus spp.* for fungi, which would be somewhat similar to the microbial distribution pattern of other general environments.

Conclusions: Based on the results obtained from this study, the levels of heavy metals, microbes and endotoxin distributed in the floor dust of primary school were higher than those reported for other general facilities. Thus, preventive measures should be prepared for the health care of children.

Key words: Floor dust, hazardous substance, primary school, heavy metal, microbe

I. 서 론

하루 24시간 중 90% 이상을 실내에서 거주하는

현대인들에게 환경보건학적 측면에서 실내공기오염은 일반 대기 환경오염만큼이나 중요하다 할 수 있다(Lee & Cho). 실내공기오염으로 야기될 수 있는

*Corresponding author: Kwon Seob Lee, Tel: 042-869-0312, E-mail: lks0620@hanmail.net,
Occupational Safety & Health Research Institute, Korea Occupational Safety & Health Agency, 339-30 Expo-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-380

Received: November 21, 2014, Revised: December 12, 2014, Accepted: December 22, 2014

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

빌딩증후군(Sick Building Syndrome, SBS) 또는 새집 증후군(New House Syndrome, NHS) 같은 환경성 질환은 건물 내 사람들에게 두통, 집중력 문제, 어지러움 같은 증상의 원인이 될 수 있어 이에 대한 사회적 관심이 계속해서 증가하는 추세이다. 이러한 증후군들에 대해 다양한 발생 원인들을 찾을 수 있는데, 건물 구조의 특징 및 내자재의 구성 성분, 건물 내 거주자들의 행위 패턴, 여러 종류의 물리화학적·생물학적 인자들의 노출 등을 들 수 있다(Stenberg et al., 1994; Kolstad et al., 2002).

학생들이 하루의 대부분의 시간을 보내는 학교는 그들의 일상생활 중 거의 모든 활동이 행해진다. 학생들이 교내에 생활하면서 노출될 수 있는 건강 유해인자들 중 학교 바닥과 운동장 토양에서 기인하는 먼지는 학생들의 높은 활동성으로 인해 공기 중으로 부유되어 호흡 노출을 통해 쉽게 호흡기계로 유입되거나, 부유된 분진들이 음식물 표면에 침착되어 섭취를 통해 직접적으로 인체 내 유입될 수 있기 때문에 학생들의 건강상에 나쁜 영향을 미칠 가능성이 크다. 특히, 초등학교 학생들의 경우 중,고등학교 학생들에 비해 나이가 어린 관계로 외부 유해물질 자극에 대한 감염 저항력이 상대적으로 낮아 천식, 비염, 기관지염 등의 알러지성 질환 발병 가능성이 높아 초등학교 시설의 쾌적한 실내환경 유지에 대한 세심한 주의가 필요하다(Cho, 2000).

외국의 경우 초등학교를 대상으로 실내공기질과 임상증상과의 관계를 연구한 경우(Cuijpers et al., 1995; Meklin et al., 2002; Kim et al., 2007)가 많이 이루어지고 있으며 그 외에도 어린이들이 이용하는 보육시설과 유치원 마룻바닥 먼지에서 중금속을 분석한 연구(Susanna & Kin, 1998), 초등학교 교실 마룻바닥에서 알레르기 유발물질과 엔도톡신을 측정(Meyer et al., 2004; Instanes et al., 2005)한 연구 등이 있다.

하지만 국내에서는 초등학교 바닥에서 발생하는 환경유해인자 노출에 따른 초등학교생들의 호흡기계 질환과의 상관성을 연구한 역학 조사나 초등학교생들의 환경성 질환 발병의 주요 원인인자인 학교 바닥 먼지 성분에 대한 정성 및 정량 평가 연구가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 일부 부산지역 초등학교를 대상으로 잠재적 건강 위해성을 가진 초등학교 마룻바닥 내 분포하는 먼지를 표면 채취(Surface sampling)하여 채취된 먼지에 함유되어 있는 유해물질의 구성과 농도를 파악하기 위해 수행되었다.

II. 연구 방법

1) 연구 대상

본 연구는 초등학교 내 마룻바닥 사이 먼지 중 함유되어 있는 유해물질을 알아보기 위하여 부산시내 위치한 초등학교 3개소를 대상으로 2013년 4~5월에 실시되었다(<Table 1> 참조). 측정대상 유해물질 항목으로 중금속 14 종류(Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn, Cr, Cd, As, Al, Sn, Co, Mo, Si), 미생물(세균, 진균), 엔도톡신(Endotoxin)을 선정하였다.

2) 조사방법

(1) 시료 채취

조사대상 초등학교의 1학년 교실 3 학급을 방문하여 교실의 마룻바닥사이에서 10 ml saline이 들어있는 e-SWAB test kit(3M, Korea)를 이용하여 학급마다 마룻바닥에서 임의로 총 5지점을 선정하여 1 cm² 면적(가로 1cm × 세로 1cm)에 해당되는 먼지시료를 채취하였다.

(2) 시료 분석 방법

① 중금속

채취한 시료는 유도결합플라즈마 방출분광분석기

Table 1. Detailed information of primary schools investigated in this study

Primary school	Construction		Sampling		
	Year	Floor	Material	Location	Time
A	1993	3 story building	Concrete & Wood	5 sites selected randomly in classroom situated in the 1st floor	Afternoon in clear day (2:00 p.m.~4:00 p.m.)
B	1995	4 story building			
C	1996	3 story building			

(ICP/AES; Perkin Elmer, Optima 4300DV, USA)를 이용하여 Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn, Cr, Cd, As, Al, Sn, Co, Mo, Si 등 중금속 14개 원소를 정량 분석하였다.

② 세균과 진균

먼지 중 미생물의 분석은 $10^1 \sim 10^5$ 배 희석한 먼지를 세균의 경우 진균의 성장을 억제하기 위해 Cycloheximide 500 mg이 첨가된 Trypticase Soy Agar (TSA; Becton Dickinson and Company, USA) 배지와 진균의 경우 세균의 성장을 억제하기 위해 Chloramphenicol 100 mg이 첨가된 Maltose Extract Agar(MEA; Becton Dickinson and Company, USA) 배지에 평판 도말하였다. 세균의 경우 37°C 조건하의 배양기에서 24~48시간 동안, 진균의 경우 실온 조건(18~25°C) 하에서 3~5일 동안 배양하여 계수를 하였다.

세균 중 우점균에 한하여 계대배양을 거쳐 순수 분리하고, 분리된 Colony는 형태와 색깔, Gram 염색과 여러 생화학 테스트를 거쳐 분류 동정하였다. 이는 Bergey's manual of determinative bacteriology (McGough et al, 1994)에 준하여 실시하였으며, 이후 추가 동정 과정은 vitek(Biomerieux Corp, France)과 API Kit(Biomerieux Corp, France) 방법을 활용하였다. 진균의 경우 순수 분리된 Colony를 slide culture 하여 광학현미경 하에서 균사(Hyphae)의 성상, 균체 색(Colonial color), 분생자병(Conidiophore)의 형태 및 색깔, 소포체(Vesicle), 유병(Phialides), 격벽(Septum),

자낭각(Perithecium)의 유무 등을 기초로 형태학적 특징을 관찰하여 동정하였는데, 이는 Compendium of soil fungi(NAAS, 1995)에 근거하였다.

③ 엔도톡신(Endotoxin)

그람 음성세균의 세포벽 구성 성분인 lipopolysaccharide를 지칭하며, 일반적으로 흡입 노출치 각종 호흡기계 질환을 유발하는 것으로 여러 국외 선행 연구 결과들에 의해 보고되고 있다(Michel et al., 1996; Milton et al., 1997; Heinrich et al., 2001; Litoniua et al., 2002). 엔도톡신의 분석은 미국시험재료협회(American Society for Testing and Material, ASTM)에서 제시한 표준방법을 이용하였으며, 분석기기는 kinetic microplate reader (Vmax, Molecular Devices Corp., CA., USA)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1) 중금속

교실 내 마룻바닥 사이에 분포하고 있는 먼지에서 중금속 함량을 분석한 결과는 <Table 2>와 같다. Cd, Co, Pb, Cr은 3개의 학교 모두 검출되지 않았으며, 나머지 항목의 원소별 함량 평균값은 As $20(\pm 10)$ ng/cm², Al $30(\pm 20)$ ng/cm², Sn $5(\pm 4)$ ng/cm², Mo $20(\pm 20)$ ng/cm², Si $1,340(\pm 620)$ ng/cm², Cu $110(\pm 100)$ ng/cm², Fe $240(\pm 50)$ ng/cm², Mn $30(\pm 30)$ ng/cm², Ni $10(\pm 10)$ ng/cm², Zn $50(\pm 30)$ ng/cm²로 나타났다. 측

Table 2. Concentration of heavy metals in floor dust in primary schools

Unit : ng/cm²

Sample	Cd	As	Al	Sn	Co	Mo	Si	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	Zn
A 1	ND	12	36	0	ND	60	448	30	180	ND	12	ND	24
A 2	ND	ND	8	ND	ND	16	1596	50	308	ND	28	4	20
A 3	ND	ND	20	ND	ND	16	1288	40	240	ND	16	ND	36
B 1	ND	16	24	4	ND	4	1624	80	252	ND	108	4	64
B 2	ND	8	80	8	ND	16	1964	240	224	ND	44	16	108
B 3	ND	28	28	8	ND	8	1348	90	180	ND	28	ND	64
C 1	ND	ND	16	4	ND	ND	664	40	268	ND	8	4	40
C 2	ND	ND	12	0	ND	0	800	100	212	ND	8	ND	40
C 3	ND	ND	8	8	ND	ND	2340	320	296	ND	28	16	80
Mean	ND	20	30	5	ND	20	1340	110	240	ND	30	10	50
S. D	ND	10	20	4	ND	20	620	100	50	ND	30	10	30

* ND : Not Detectable

정지점별로 중금속 종류에 따른 분석 결과가 상이하게 나타난 이유는 청소 상태, 마루바닥으로 사용된 재질 유형 및 사용 기간의 차이, 주변 외부 환경 요인들의 영향으로 추정된다. 교실 내 마루바닥 사이 먼지에 함유되고 있는 중금속 농도에 관한 현행 국내의 규제 기준은 제시된 바 없고, 선행 국내 연구 결과 또한 보고된 바 없다. 하지만 국외의 경우 어린이 놀이터의 토양 중 중금속에 대해서는 몇몇 허용기준이 설정되고 있는데, 영국의 경우 놀이터나 공원 등에서의 잠정적 유인농도로 As 40 ppm, Cd 15 ppm, Pb 2000 ppm, Hg 20 ppm, Se 6 ppm을 제시하고 있으며, 독일의 경우 어린이 놀이터의 토양 중 유해한 물질의 지향기준(Orientation values)을 Cd 2 ppm, Co 100 ppm, Cr 50 ppm, Cu 50 ppm, Ni 40 ppm, Pb 200 ppm, Zn 300 ppm 으로 정하고 있다(Kim, 2002).

어린이들이 이용하는 유치원 및 보육시설의 마루바닥 먼지 내 중금속을 분석한 Susanna & Kin(1998)의 연구에 따르면 Cd 4.07(\pm 5.01) mg/kg, Cu 409.10(\pm 561.10) mg/kg, Mn 532.16(\pm 290.81) mg/kg, Pb 280.01(\pm 309.42) mg/kg, Zn 2,694.23(\pm 1,871.89) mg/kg 로 보고하고 있다. 하지만 본 연구와 비교시 조사대상 시설(초등학교와 유치원)이 다르고, 시료 채취 방법상 측정 단위(면적과 중량 기준) 또한 상이하므로 객관적으로 비교 평가하는 것은 무리가 있다. 따라서 본 연구를 통해 얻어진 마루바닥 먼지 내 중금속 농도 수준이 상대적으로 높고 낮은 지를 유의하게 판단내리기는 어려우며, 향후 중량 기준으로 조사된 추가 연구가 보완되어야 한다고 사료된다. 또한 면적 단위 기준으로 학교 마루바닥 내 분포하고 있는 먼지내 유해성분을 평가하는 경우 시간 및 계절적 영향 등으로 인한 시료 포집 기간이 상당한 변수로 작용할 수 있으므로 해석시 이에 대한 고려가 필요하다.

2) 세균과 진균

교실 마루바닥 사이의 먼지에서 조사한 미생물의 경우 <Table 3>과 <Table 4>와 같이 세균과 진균을 대상으로 측정하였다. A 초등학교 3학급에서 채취된 먼지 내 세균 수의 평균은 $5.1 \times 10^7 (\pm 1.3 \times 10^7)$ cfu/cm², 진균 수는 $5.8 \times 10^6 (\pm 5.0 \times 10^6)$ cfu/cm² 였고, B 초등학교의 경우 세균 수의 평균은 $2.6 \times 10^7 (\pm 2.0 \times 10^7)$ cfu/cm², 진균

Table 3. Quantification and identification of bacteria in floor dust in primary schools

Sample	Quantification	Identification
A 1	4.6×10^7 cfu/cm ²	1. <i>Pseudomonas putida</i> , 2. <i>Enterococcus faecium</i>
A 2	4.1×10^7 cfu/cm ²	1. <i>Leclercia adedecarboxylata</i> 2. <i>Serratia odorifera</i> , 3. <i>Leclercia adedecarboxylata</i>
A 3	6.5×10^7 cfu/cm ²	1. <i>Pseudomonas putida</i> , 2. <i>Pseudomonas fluorescens</i>
B 1	2.0×10^7 cfu/cm ²	1. Gram positive rod 2. Gram negative rod
B 2	9.2×10^6 cfu/cm ²	1. Gram positive rod 2. <i>Klebsiella pneumoniae</i>
B 3	4.8×10^7 cfu/cm ²	1. <i>Pantoea spp.</i> 2. <i>Escherichia vulneris</i>
C 1	8.1×10^7 cfu/cm ²	<i>Enterobacteria cloacae</i>
C 2	5.8×10^7 cfu/cm ²	1. <i>Pseudomonas putida</i> 2. Un ID Gram(+) Rod
C 3	5.4×10^7 cfu/cm ²	<i>Pseudomonas spp.</i>
Mean	4.7×10^7 cfu/cm ²	
S. D	2.2×10^7 cfu/cm ²	

Table 4. Quantification and identification of fungi in floor dust in primary schools

Sample	Quantification	Identification
A 1	7.4×10^2 cfu/cm ²	<i>Penicillium spp</i>
A 2	8.6×10^6 cfu/cm ²	<i>Cladosporidium spp.</i>
A 3	8.7×10^6 cfu/cm ²	<i>Penicillium spp</i>
B 1	8.0×10^2 cfu/cm ²	<i>Aspergillus spp</i>
B 2	6.2×10^5 cfu/cm ²	<i>Rhizopus spp.</i>
B 3	1.6×10^7 cfu/cm ²	Unidentified mold form.
C 1	1.5×10^7 cfu/cm ²	Unidentified mold form.
C 2	1.7×10^5 cfu/cm ²	Unidentified mold form.
C 3	8.1×10^6 cfu/cm ²	<i>Cladosporidium spp.</i>
Mean	6.3×10^6 cfu/cm ²	
S. D	6.4×10^6 cfu/cm ²	

수는 $5.5 \times 10^6 (\pm 9.1 \times 10^6)$ cfu/cm² 였으며, C 초등학교의 경우 세균 수의 평균은 $6.4 \times 10^7 (\pm 1.5 \times 10^7)$ cfu/cm², 진균 수는 $7.8 \times 10^6 (\pm 7.4 \times 10^6)$ cfu/cm²인 것으로 조사되었다. 조사대상 3학교의 전체 평균은 경우 세균의 경우 $4.7 \times 10^7 (\pm 2.2 \times 10^7)$ cfu/cm², 진균의 경우 $6.3 \times 10^6 (\pm 6.4 \times 10^6)$ cfu/cm²로 분석되었다.

각 학교 별로 동정 결과를 살펴보면 A초등학교의 경우 세균은 *Pseudomonas spp.*, *Enterococcus spp.*, *Leclercia spp.*, *Serratia spp.*가 검출되었고, 진균은 *Penicillium spp.*, *Cladosporidium spp.*가 검출되었다. B초등학교의 경우 세균은 gram positive rod, gram negative rod, *Klebsiella spp.*, *Pantoea spp.*, *Escherichia spp.*가 검출되었고, 진균은 *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.*, Unidentified mold form이 검출되었다. C초등학교의 경우 세균은 *Enterobacteria spp.*, *Pseudomonas spp.*, gram positive rod가 검출되었고, 진균은 Unidentified mold form과 *Cladosporidium spp.*가 검출되었다.

세균의 경우 9개의 학급 중 4개의 학급에서 *Pseudomonas spp.*가 검출되어 가장 우점하는 균으로 보였다. 자연계의 흔히 존재하는 균인 *Pseudomonas spp.*는 기회감염성 균으로 정상적인 방어능력이 없을 때 병원성을 나타낼 수 있으며, 중이염, 방광염을 일으킬 수 있다. 그 외 검출된 *Klebsiella spp.* 역시 기회감염 균으로 폐렴과 같은 호흡기 질환을 일으킬 수 있다 (Koneman et al., 1988). 우점종으로 검출된 진균의 경우 *Penicillium spp.*, *Cladosporidium spp.*, *Aspergillus spp.* 등은 실내외 공기 중에서 가장 흔하게 발견되는 토양유래 종으로 자연계에 널리 분포 한다 (D'Amato & Spieksma, 1995). 진균의 경우 고농도를 장기적으로 과도하게 흡입하였을 경우 건강상에 영향을 줄 수 있으며, 일반적으로 알레르기성 천식 및 비염 등 알레르기성 질환의 원인이 되기도 한다 (McGough et al., 1994).

3) 엔도톡신(Endotoxin)

학교 마룟바닥 사이의 먼지에서 분석한 엔도톡신의 경우 <Table 5>와 같은 결과를 보였다. 각 학교별 평균 엔도톡신 농도는 A초등학교의 경우 10,732(\pm 1,757) EU/cm², B초등학교의 경우 7,754(\pm 8,984) EU/cm², C초등학교의 경우 5,932(\pm 5,763) EU/cm²로 나타났다. 전체 평균값은 8,140(\pm 5,801) EU/cm²였으며, 최대 17,999 EU/cm²에서 최소 1,223 EU/cm²로 나타났다.

중금속의 경우와 마찬가지로 측정단위가 달라 객관적 비교는 어려운 실정이나 선행된 국외 연구를 살펴보면 Instanes et al(2005)는 초등학교 교실바닥의 먼지 내 평균 엔도톡신 농도를 1.4 ng/m²으로 보고하였으며, Meyer et al(2004)는 중고등학교의 교실 바닥 먼지 내 평균 엔도톡신 농도를 28,992 EU/g로 보고

Table 5. Concentration of endotoxin in floor dust in primary schools

Unit : EU/cm ²	
Sample	Result
A 1	9,799
A 2	9,639
A 3	12,759
B 1	17,999
B 2	4,039
B 3	1,223
C 1	1,815
C 2	12,519
C 3	3,463
Mean	8,140
S. D	5,801

하였다.

엔도톡신은 그람음성박테리아 외벽을 구성하고 있는 지질다당류(Lipopolysaccharide)이며 이는 열에 강하고 화학적으로 안정된 물질로서 체내에 유입시 발열과 무기력증, 폐기능 감소 등의 급성독성과 생물학적 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Moon et al., 2005).

IV. 결 론

본 연구는 학교내 마룟바닥 사이의 먼지 중 함유되어 있는 오염물질을 알아보기 위한 연구로 서울시 내 초등학교 3곳을 대상으로 오염물질은 중금속 14개 항목(Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Zn, Cr, Cd, As, Al, Sn, Co, Mo, Si), 미생물(세균, 진균), 엔도톡신을 선정하여 수행하였다.

중금속 함량을 분석한 결과 Cd, Co, Pb, Cr은 3개의 학교 모두 검출되지 않았으며, 나머지 항목의 원소별 함량 평균값은 As 20(\pm 10) ng/cm², Al 30(\pm 20) ng/cm², Sn 5(\pm 4) ng/cm², Mo 20(\pm 20) ng/cm², Si 1340(\pm 620) ng/cm², Cu 110(\pm 100) ng/cm², Fe 240(\pm 50) ng/cm², Mn 30(\pm 30) ng/cm², Ni 10(\pm 10) ng/cm², Zn 50(\pm 30) ng/cm²였다. 미생물의 경우 먼지내 세균 평균 농도는 4.7 \times 10⁷(\pm 2.2 \times 10⁷) cfu/cm², 진균은 6.3 \times 10⁶(\pm 6.4 \times 10⁶) cfu/cm²로 나타났다. 동정 결과는 세균의 경우 *Pseudomonas spp.*, 진균의 경우 *Penicillium spp.*,

Cladosporidium spp., *Aspergillus spp.*가 우점종으로 검출되어 일반 자연계의 분포 양상과 유사하였다. 엔도톡신의 평균 농도는 8,140(\pm 5,801) EU/cm²였다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 2014년 연구개발사업(과제번호 : PJ010541)의 지원으로 수행되었음

References

- Kim Hj. A review on Soil Pollution Standards in Korea. Journal of Industrial Science and Technology in konkuk university 2002;60-62
- Cho KS. Heavy metal contamination of indoor, outdoor and playground in middle and high school in the Jeonju-city, Korea. J Kor Environ Sci 2000;9: 495-503
- Cuijpers CEJ, Swaen GMH, Wesseling G, Sturmans F, Wouters EFM. Adverse effects of the indoor environment on respiratory health in primary school children. Environ Res 1995;68:11-23
- D'Amato G, Spiekma FT. Aerobiologic and clinical aspects of mould allergy in europe. Allergy 1995;50: 870-877
- Heinrich J, Gehring U, Douwes J, Koch A, Fahlbusch B, Bischof W. Pets and ermin are associated with high endotoxin levels in house dust. Clin Exp Allergy 2001;31:1839-45
- Instanes C, Hetland G, Berntsen S, Lovik M, Nafstad P. Allergens and endotoxin in settled dust from day-care centers and schools in Oslo, Norway. Indoor Air 2005;15:356-362
- Kim JL, Elfman L, Mi Y, Wieslander G, Smedje G, Norback D. Indoor molds, bacteria, microbial volatile organic compounds and plasticizers in schools - associations with asthma and respiratory symptoms in pupils. Indoor Air 2007;17:153-163
- Kolstad HA, Brauer C, Iversen M, Sigsgaard T, Mikkelsen S. Do indoor molds in nonindustrial environments threaten workers health a review of the epidemiologic evidence. Epidemiol Rev 2002;24:203-217
- Koneman EW, Allin SD, Dowell VR, Sommers HM. Color atlas and textbook of microbiology. J B Lippincott Philadelphia; 1988
- Lee BK, Cho JB. Analysis of VOCs through daily life cycle in the industrial city in Korea. Warer, Air & Soil pollution 2002;Focus 2:155-171
- Litonjua AA, Milton DK, Celedon JC, Ryan L, Weiss ST, Gold DR. A longitudinal analysis of wheezing in young children: the independent effects of early life exposure to house dust endotoxin, allergens, and pets. J Allergy Clin Immunol 2002;110:736-42
- McGough DA, Fothergill AW, Rinaldi MG and Pfaller MA. Fungi and fungal infections. In: McClatchey KD, ed. Clinical laboratory medicine. Baltimore; Williams & Wilkins.; 1994. p.1169-1196
- Meklin T, Husman T, Vepsäläinen A, Vahteristo M, Koivisto J, Halla-Aho J, Hyvärinen A, Moschandreas D, Nevalainen A. Indoor air microbes and respiratory symptoms of children in moisture damaged and reference schools. Indoor Air 2002;12:175-183
- Meyer HW, Wurtz H, Suadcani P, Valbjørn O, Sigsgaard T, Gyntelberg F. Molds in floor dust and building-related symptoms in adolescent school children. Indoor Air 2004;14:65-72
- Michel O, Kips J, Duchateau J, Vertongen F, Robert L, Collet H. Severity of asthma is related to endotoxin in house dust. Am. J Respir Crit Care Med 1996;154: 1641-6
- Milton DK, Johnson DK, Park JH. Environmental endotoxin measurement: interference and sources of variation in the Limulus assay of house dust. Am Ind Hyg Assoc J 1997;58:861-867
- Moon KW, Byeon SH, Choi DW, Kim YW, Lee JH, Lee EI. Exposure assessments on biological contaminants in homes of allergy patients - bacteria, fungi, house dust mite allergen and endotoxin. Kor J Environ Health 2005;31:120-126
- National Academy of Agricultural Science (NAAS). 1995. http://www.niast.go.kr/environment/HTML/1_9DB/soil_02.asp.
- Stenberg B, Eriksson N, Hoog J, Sundell J, Wall S. The Sick Building Syndrome(SBS) in office workers. A case-referent study of personal, psychosocial and building-related risk indicators. Int J Epidemiol 1994;23:1190-1197
- Susanna TYT, Kin CL. Are nursery schools and kindergartens safe for our kids The Hong Kong study. Sci Total Environ 1998;216:217-225